

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Josip Laslo

Preddiplomski studij, smjer Mehanizacija

PROIZVEDENA RAZINA VIBRACIJA KOJE UTJEČU NA SUSTAV RUKA - ŠAKA
PRI RAZLIČITIM AGROTEHNIČKIM PODLOGAMA

Završni rad

Osijek, 2016.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Josip Laslo

Preddiplomski studij, smjer Mehanizacija

**PROIZVEDENA RAZINA VIBRACIJA KOJE UTJEČU NA SUSTAV RUKA - ŠAKA
PRI RAZLIČITIM AGROTEHNIČKIM PODLOGAMA**

Završni rad

Povjerenstvo za ocjenu i obranu završnog rada:

1. prof. dr. sc. Tomislav Jurić, predsjednik
2. doc. dr. sc. Ivan Plaščak, mentor
3. Željko Barač, mag. ing. agr., član

Osijek, 2016.

SADRŽAJ

1. UVOD	1
1.1. Vrste vibracija	1
1.2. Utjecaj vibracija na ljudsko zdravlje	3
1.3. Vibracije na traktoru.....	5
2. MATERIJAL I METODE.....	6
3. REZULTATI I RASPRAVA	12
4. ZAKLJUČAK	16
5. POPIS LITERATURE	17
6. SAŽETAK.....	19
7. SUMMARY	20
8. POPIS TABLICA.....	21
9. POPIS SLIKA	21
10. POPIS GRAFIKONA.....	22
TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA	23

1. UVOD

Vibracije ruka - šaka su mehaničke vibracije koje se prenose preko ruku i djeluju samo ili uglavnom na sustav ruka - šaka. Prema europskoj direktivi (2002/44/EC), rizik kojemu je pojedinac izložen ovisi o intenzitetu vibracija, frekvenciji, trajanju izloženosti, načinu rada i vrsti aktivnosti. Sve stvorene vibracije kojima je čovjek izložen utječu na ljudsko tijelo. Vibracije predstavljaju oscilatorno gibanje tijela, a u ovisnosti od oblika putanje po kojoj se odvija gibanje postoje pravocrtna i kutna oscilacija. Vibracije ruka-šaka su na primjer uzrokovane ručnim električnim ili pneumatskim alatom kao što je prikazano na slici 1. (npr. pneumatski čekići za razbijanje betona, rezači živice i slično).



Slika 1. Ilustracija izvođenja građevinskih radova korištenjem vibrirajućeg alata (URL1)

1.1. Vrste vibracija

Prema Stanković i Tričković (1984.) vibracije predstavljaju oscilatorno kretanje čvrstih tijela ili čestica čvrstih tijela u području infrazvučnih i djelomično zvučnih frekvencija. Isti autori navode kako su osnovne karakteristike vibracija amplituda, frekvencija, brzina i ubrzanje vibracija.

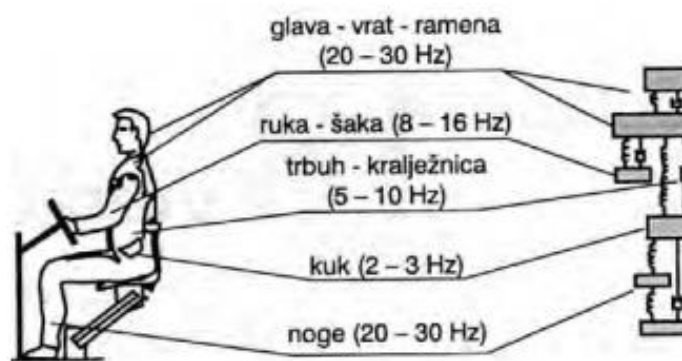
Prema Anđelović i Jovanović (2009.) vibracije možemo podijeliti na periodične i neperiodične te na opće i lokalne. Broj oscilacija u jedinici vremena naziva se frekvencija, a jedinica za frekvenciju je herc (Hz). Prema frekvenciji vibracije mogu biti: visokofrekventne, srednjefrekventne i niskofrekventne (vibracije ispod 16 Hz). Nadalje, isti autori navode kako ljudsko tijelo percipira i apsorbira vibracije od 1 do 1000 Hz.

Prema Anđelović i Jovanović (2009.) periodične vibracije su vibracije kod kojih se oscilatorno gibanje tijela nakon određenog vremenskog intervala ponavlja na identičan način. Najkraći vremenski interval u kome se vibracijsko gibanje ponovi je perioda, a broj perioda u jedinici vremena predstavlja frekvenciju periodične oscilacije. Periodične vibracije mogu biti jednostavne, gdje se oscilatorno gibanje odvija samo jednom učestalošću, i složene, koje se sastoje od više jednostavnih vibracija.

Anđelović i Jovanović (2009.) navode kako se opće vibracije javljaju kada se čovjek nalazi u vibrirajućoj sredini. Njihovo djelovanje ima utjecaj na cijelo ljudsko tijelo, a pravci djelovanja ovih vibracija određeni su prema trima anatomskim osima čovjeka koje se sijeku u predjelu srca (x, y i z). Za razliku od općih koje djeluju na kompletno ljudsko tijelo, lokalne vibracije djeluju samo na pojedine dijelove ljudskog tijela, a pravac djelovanja ovih vibracija određuje se trima osima.

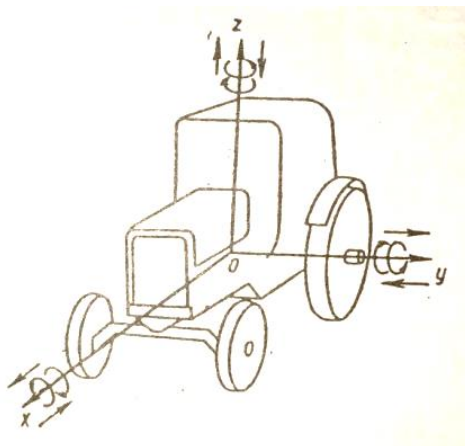
Prema Brkiću i sur. (2005.) jedan od vrlo značajnih čimbenika koji negativno utječu na rukovatelja stroja tijekom njegovog rada jesu mehaničke vibracije. One se javljaju kao posljedica gibanja traktora, rada motora, rada elemenata transmisije, rada priključnog stroja i slično. Radna brzina traktora također značajno utječe na nastanak mehaničkih vibracija. Isti autori navode kako se mehaničke vibracije na samog rukovatelja prenose preko sjedala, poda traktorske kabine, upravljača, ručica i komandi za upravljanje. Nadalje, isti autori navode kako mehaničke vibracije negativno utječu na elemente pojedinih sustava, spojeve te nerijetko dovode do intenzivnog trošenja, lomova i slično.

Šarić i Žuškin (2002.) pojednostavljaju mehanički utjecaj vibracija na ljudsko tijelo sljedećom slikom (slika 2.)



Slika 2. Mehanički utjecaj vibracija na ljudsko tijelo
(Šarić i Žuškin, 2002.)

Prema Brkiću i sur. (2005.) mehaničke vibracije se javljaju u smjeru tri koordinatne osi (x , y i z) – translacijske vibracije ili oko koordinatne osi – rotacijske vibracije (slika 3.).



Slika 3. Rotacijske i translacijske vibracije traktora u koordinatnim osima

(Brkić i suradnici, 2005.)

1.2. Utjecaj vibracija na ljudsko zdravlje

Cardinale i Wakeling (2005.) navode kako ukoliko dođe do učestalog izlaganja previsokim frekvencijama vibracija, može doći do pojave simptoma bolesti putovanja. Ukoliko se previsoke frekvencije vibracija nastave također može doći do ozbiljnih posljedica za zdravlje.

Goglia i sur. (2003.) navode kako je izloženost ruku rukovatelja stroja vibracijama prisutno u mnogim gospodarskim granama. Ona tijekom rada može proizaći kao posljedica rukovanja rotirajućim i udarnim alatima u šumarstvu i poljoprivredi, u proizvodnim pogonima, u rudarstvu, graditeljstvu, kao i drugim djelatnostima. Izloženost sustava šaka – ruka može proizaći isto tako i iz vibrirajućih predmeta obrade koje proizvodni radnici drže u rukama, ali isto tako i od volana motornog vozila.

Prema Anđelović i Jovanović (2009.) oštećenja izazvana vibracijama najizraženija su na samom mjestu djelovanja. Najosjetljivi dijelovi tijela na vibracije su periferni dijelovi ekstremiteta te trup. Svako tkivo provodi vibracije te se tako vibracije mogu prenijeti preko ruku do kralježnice i trupa i obrnuto. Najefikasniji prigušivači vibracija u ljudskom tijelu su zglobne i zračne šupljine.

Tablica 1. Pet grupa poremećaja povezanih s utjecajem vibracija koje se prenose na sustav ruka – šaka (Griffin, 1982. i HRN EN ISO 5349-1:2001(E))

GRUPA	Poremećaj
A	Poremećaj krvožilnog sustava
B	Poremećaji u koštanom sustavu
C	Poremećaji u preifernom živčanom sustavu
D	Poremećaji u mišićima
E	Ostali poremećaji (npr. vezani uz čitavo tijelo)

Prema europskoj direktivi (2002/44/EC), vibracije ruka-šaka narušavaju subjektivni osjet, finu motoriku i radni učinak, te mogu nakon dugogodišnje izloženosti uzrokovati smetnje krvotoka, poremećaj funkcije živaca, promjene mišićnog tkiva i opterećenja kostiju i zglobova. Nadalje, izloženost vibracijama visokih frekvencija tijekom godina može dovesti do poremećaja krvotoka u prstima, pa rukovatelji mogu imati povremene napadaje u kojima prsti pobijele i utrnu (slika 4.). Ovaj poremećaj, koji nastaje kao posljedica nedovoljne cirkulacije krvi, naziva se Raynaudov fenomen. Bjelilo se može pojaviti na jednom ili više prstiju i širi se od vrha prsta prema dnu.



Slika 4. Bijeli prst ili vibracijski sindrom ruka-šaka (URL2)

Prema europskoj direktivi (2002/44/EC) kako bi se umanjio negativan utjecaj vibracija na sustav ruka – šaka rukovatelja, potrebno je prilikom boravka u vibrirajućoj sredini koristiti razna zaštitna sredstva koja će ublažiti utjecaj vibracija kao što su antivibracijske rukavice, radne cipele, odijela i slično.

Prema europskoj direktivi (2002/44/EC), intenzivne vibracije niskih frekvencija koje se prenose na ruke i šake mogu uzrokovati degenerativne promjene u kostima šake, zglobovima prstiju i ručnog zgloba, u području lakta i ramena. Opterećenje zglobova može zahvatiti ručne zglobove, zglobove lakta i akromioklavikularne zglobove.

Prema Poplašen i Kerner (2013.) rad u hladnom okolišu povećava rizik za gore navedena oštećenja i prilikom izlaganja vibracijama treba izbjegavati pothlađivanje šaka (utopljivanje pomoću rukavica ili zagrijavanjem). Stoga je potrebno mjeriti vibracije i odrediti stvarnu opasnost na zdravlje čovjeka, kao i razvijati zaštitne mehanizme i sredstva zaštite kako bi se rukovatelji zaštitili od štetnog utjecaja vibracija.

1.3. Vibracije na traktoru

Brkić i sur. (2005.) utvrdili su da se vibracije na traktoru stvaraju kao posljedica gibanja traktora, rada motora, rada elemenata transmisije te rada priključnog stroja. Osim štetnog djelovanja na elemente pojedinih sustava traktora te vibracije prenose se i na čovjeka te utječu na njegovo zdravlje, trenutnu koncentraciju i slično.

Prema URL3, kraća, ali intenzivna izloženost vibracijama visokih frekvencija može izazvati bol u stomaku, nedostatak zraka, mučninu i vrtoglavicu. Dugotrajna intenzivna izloženost vibracijama visokih frekvencija može dovesti do poremećaja psihomotornog, fiziološkog i psihološkog stanja radnika.

Cvetanović i sur. (2014.) navode kako pojedine studije ukazuju da je oko 10 % svih vozača traktora, tijekom osmosatnog radnog vremena, izloženo razinama iznad dnevne granične vrijednosti izloženosti. Ukoliko je slučaj da je prekoračeno radno vrijeme od navedenog taj postotak raste na 27 %. Djelovanja vibracija na zdravlje čovjeka su brojna, ali se često zbog udruženosti vibracija sa drugim profesionalnim opasnostima i štetnostima, ne može, potpuno jasno, uspostaviti uzročno-posljedična veza između djelovanja vibracija i oštećenja zdravlja. Štetno svojstvo vibracija naručito je izraženo kod starijih poljoprivrednih strojeva kod kojih ne postoji efikasan sustav amortiziranja vibracija i udaraca. Zbog svih tih utjecaja potrebno je rukovatelju traktora omogućiti što bolje ergonomske uvjete prilikom rada i što bolje ga zaštititi.

Cilj istraživanja je utvrditi razinu vibracija koje utječu na sustav ruka - šaka rukovatelja stroja pri različitim agrotehničkim podlogama.

2. MATERIJAL I METODE

Istraživanje je obavljeno s ciljem mjerenja vibracija koje utječu na sustav ruka – šaka rukovatelja stroja. Mjerenje vibracija je obavljeno na traktoru proizvođača LANDINI tipa POWERFARM 100 (slika 5.). Traktor je za vrijeme dosadašnje eksploatacije uglavnom obavljao iste poslove koji su izvođeni i tijekom istraživanja te je isti imao odrađenih oko 5800 radnih sati.

Tehničke karakteristike traktora LANDINI tipa POWERFARM 100 (URL5):

Maksimalna snaga motora (kW)/(KS) – 68/93

Maksimalni obrtni moment (Nm) – 363

Broj cilindara/zapremnina (komada)/(cm³) – 4/4400

Brzine – 12+12

Kapacitet podizanja (kg) – 2600

Zapremnina rezervoara (l) – 102



Slika 5. Traktor LANDINI POWERFARM 100 (vlastita fotografija)

Dimenzije traktora LANDINI POWERFARM 100 (slika 6.):

Pneumatici - 18,4-R30

A - dužina (mm) – 4136

B - širina (mm) – 2063

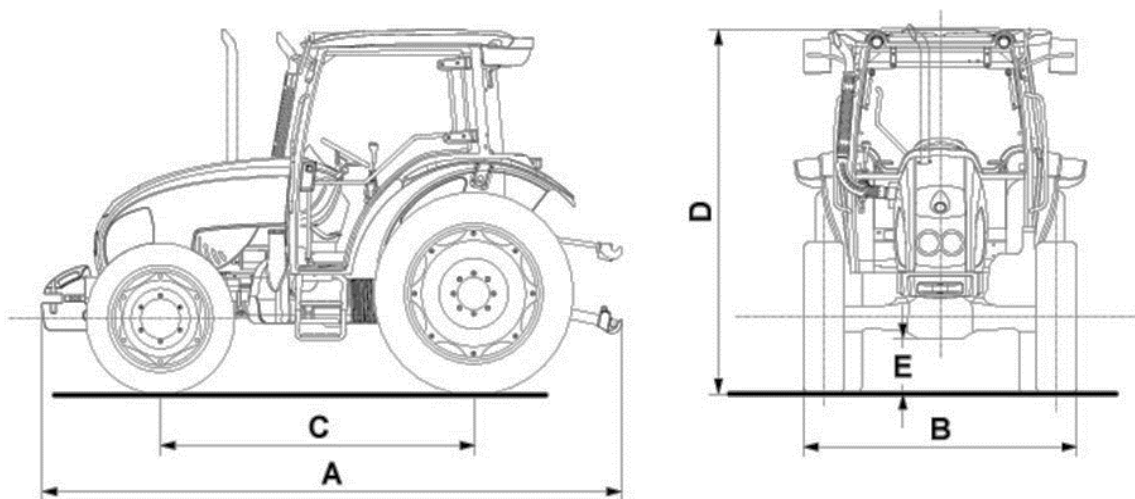
C - razmak između osovina (mm) - 2341/2316

D - visina s ramom (mm) – 2550

D - visina s kabinom (mm) 2550

E – klirens (mm) - 453

Masa (bez utega i kabine) (kg) – 3330



Slika 6. Prikaz dimenzija traktora LANDINI POWERFARM 100 (URL4)

Istraživanja su eksploatacijskog tipa, tj. mjerenja su obavljena u radu. Ispitivanja su obavljena na proizvodnim površinama i pristupnim cestama srednje Poljoprivredne i veterinarske škole Osijek. Mjerene su mehaničke vibracije koje utječu na sustav ruka – šaka rukovatelja stroja. Podloge na kojima je obavljeno istraživanje su makadam, asfalt i trava. Svako mjerenje trajalo je 30 minuta i ponovljeno je tri puta. Na osnovi ta tri mjerenja izračunata je srednja vrijednost koja je upotrebljena dalje u radu.

Dana 2. lipnja 2015. godine obavljena su mjerenja proizvedenih traktorskih vibracija koje utječu na sustav ruka – šaka rukovatelja stroja na asfaltu (slika 7.) i makadamu (slika 8.). Izmjerena temperatura zraka je iznosila 30⁰C, a relativna vlažnost zraka 65%. Vjetar je zanemariv.



Slika 7. Mjerenje razine vibracija na asfaltu (vlastita fotografija)



Slika 8. Mjerenje razine traktorskih vibracija na makadamu (vlastita fotografija)

Dana 3. lipnja 2015. godine obavljena su mjerenja vrijednosti proizvedenih traktorskih vibracija koje utječu na sustav ruka – šaka rukovatelja stroja na travi (slika 9.). Izmjerena temperatura zraka iznosila je 29°C , a relativna vlažnost zraka 66%. Vjetar je kao i dan prije zanemariv.

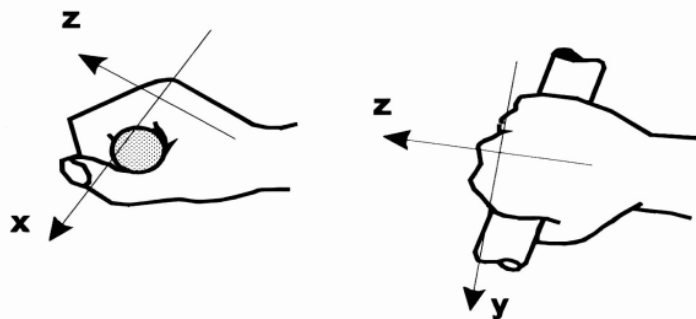


Slika 9. Mjerenje razine traktorskih vibracija na travi (vlastita fotografija)

Sva mjerenja obavljena su u skladu sa normama HRN ISO 2631-1 i HRN EN ISO 5349-1:2001(E) koje su primjenjive na ljude normalnog zdravlja izložene pravocrtnim vibracijama po njihovoj x, y i z osi (slika 10.).



Slika 10. Prikaz pravaca djelovanja vibracija na određene dijelove tijela u sjedećem položaju (HRN ISO 2631-1)



Slika 11. Shematski prikaz koordinatnog sustava vezanog za sustav ruka – šaka (HRN EN ISO 5349-1:2001(E))

Prema Europskoj normi HRN EN ISO 5349-1:2001(E) razina vibracija iskazuje se akceleracijom ponderiranom s obzirom na frekvenciju, izmjerenom na površini ručke alata ili predmetu rada, koji su u izravnom doticaju sa šakom, a mjerna jedinica u kojima se ista izražava jesu metri po sekundi na kvadrat (m/s^2). Mjerenjem je potrebno dobiti vrijednosti koje prikazuju prosječni intenzitet vibracija tijekom cjelokupne uporabe određenog alata ili obavljanja određenog radnog procesa.

U svakoj od tri osi mjeri se prosječna vrijednost, ponderirana s obzirom na frekvenciju, a označava se sa a_{hw} . Pri procjeni izloženosti vibracijama koristi se ukupna vrijednost vibracija koja uključuje mjerenja u osi x, y i z, a dobivena je sljedećim izračunom:

$$a_{hw} = \sqrt{a_{hwx}^2 + a_{hwy}^2 + a_{hwz}^2}$$

Prema normi HRN EN ISO 5349-1:2001(E) preporuča se mjerenje u sve tri koordinatne osi kako je to prikazano na slici 10. Na temelju vremenskih zapisa signala karakterističnih perioda izlaganja vibracijama provodi se daljnja analiza. Za svaku os vrednuje se vremenski signal vibracija pomoću filtera (analogne ili digitalne izvedbe) propisane prijenosne funkcije koje je za sve osi isti ili množenjem razina vibracija u pojedinim intervalima s odgovarajućim faktorima prema relaciji:

$$a_{hw(x,y,z)} = \sqrt{\sum_{i=1}^h (W_{hi} \cdot a_{hi})^2}$$

Gdje je: a_{hw} – vrednovana razina vibracija u pojedinoj osi u m/s^2 ; W_{hi} – faktor vrednovanja za pojedine intervale u frekvencijskom rasponu od 6,3 do 1250 Hz; a_{hi} – odgovarajuća razina vibracija u pojedinom intervalu dobivenom analizom vremenskog signala vibracija u m/s^2 .

S obzirom na postavljene zahtjeve, akcelerometar je pričvršćen na kolo upravljača (slika 12.) za koje se ispostavilo da ima zadovoljavajuća prihvatna svojstva za rukovatelja stroja tijekom mjerenja te je kao takav postavljen između ruke i kola upravljača stroja. Mjerenja vibracija su provođena istovremeno u sve tri osi koje su bile postavljene sukladno biodinamičkom koordinatnom sustavu (slika 11.) preporučenom u normi HRN EN ISO 5349-1:2001(E).

Prema URL6, akcelerometar (slika 12.) je uređaj za mjerenje akceleracije tijela u navigaciji, aeronautici, seizmologiji i slično. Upotrebljava se i za ispitivanje vibracija, udaraca i slične svrhe. Pri mjerenju se kućište akcelerometra učvršćuje na tijelo kojemu se mjeri vibracija.



Slika 12. Položaj akcelerometra na kolu upravljača stroja (vlastita fotografija)

Za sva mjerenja korišten je uređaj za mjerenje vibracija MMF VM30 (slika 13.). Ovaj uređaj se u praksi pokazao kao vrlo dobar zbog malih dimenzija, vodootpornog dizajna i dugotrajne baterije.



Slika 13. Uređaj za mjerenje vibracija MMF VM30 (vlastita fotografija)

Prema europskoj direktivi (2002/44/EC) određene su granične i upozoravajuće vrijednosti izloženosti vibracijama za sustav ruke - šake. Granična vrijednost izloženosti je 5 m/s^2 , a upozoravajuća vrijednost izloženosti iznosi $2,5 \text{ m/s}^2$.

3. REZULTATI I RASPRAVA

Nakon što su obavljena sva mjerenja, uočena su manja variranja na svim podlogama po svim mjernim osima (x, y i z).

Tablica 2. Izmjerene vrijednosti na asfaltnoj podlozi i srednja vrijednost

PODLOGA	X	Y	Z
ASFALT	0,075	0,066	0,063
	0,080	0,070	0,070
	0,084	0,078	0,074
SREDNJA VRIJEDNOST	0,079	0,071	0,069

U tablici 2. prikazana su mjerenja proizvedenih traktorskih vibracija koje utječu na sustav ruka-šaka rukovatelja na asfaltnoj podlozi. Određena su tri mjerenja po x, y i z osi na osnovu kojih je izračunata srednja vrijednost. Najviše izmjerene vrijednosti za osi bile su:

Za x os – 0,084 m/s²

Za y os - 0,078 m/s²

Za z os – 0,074 m/s²

Srednje vrijednosti za sve osi zaokružene su na tri decimalna mjesta. Sve vrijednosti navedene u tablici izražene su u m/s².

Tablica 3. Izmjerene vrijednosti na makadamskoj podlozi i srednja vrijednost

PODLOGA	X	Y	Z
MAKADAM	0,058	0,067	0,050
	0,060	0,070	0
	0,063	0,076	0,060
SREDNJA VRIJEDNOST	0,060	0,071	0,037

Tablica 3. prikazuje mjerenja proizvedenih traktorskih vibracija koje utječu na sustav ruke – šake rukovatelja na makadamskoj podlozi. Na osnovi tri mjerenja po x, y i z osi izračunata je srednja vrijednost. Najviše vrijednosti na osi bile su kako slijedi:

$$Za\ x\ os - 0,063\ m/s^2$$

$$Za\ y\ os - 0,076\ m/s^2$$

$$Za\ z\ os - 0,060\ m/s^2$$

Srednje vrijednosti za sve osi određene su na tri decimalna mjesta. Sve vrijednosti navedene u tablici izražene su u m/s^2 .

Tablica 4. Izmjerene vrijednosti na travnatoj podlozi i srednja vrijednost

PODLOGA	X	Y	Z
TRAVA	0,018	0,062	0,038
	0,020	0,070	0,040
	0,024	0,075	0,042
SREDNJA VRIJEDNOST	0,020	0,069	0,040

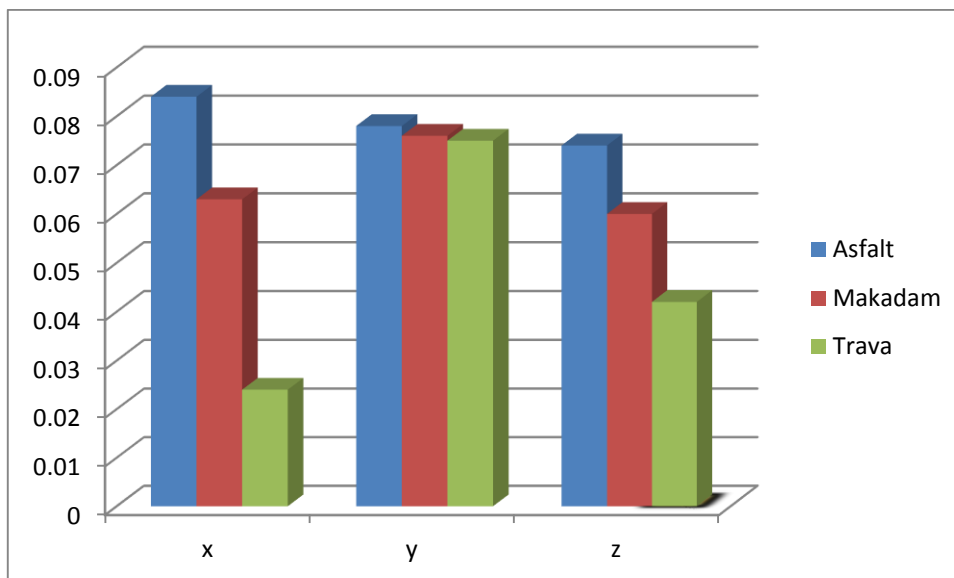
U tablici 4. prikazane su vrijednosti izmjerenih traktorskih vibracija koje utječu na sustav ruka – šaka rukovatelja stroja na travnatoj podlozi. Kao i za prethodne podloge izvedena su tri mjerenja na osnovu kojih je izračunata srednja vrijednost. Najveće izmjerene vrijednosti za osi bile su kako slijedi:

$$Za\ x\ os - 0,024\ m/s^2$$

$$Za\ y\ os - 0,075\ m/s^2$$

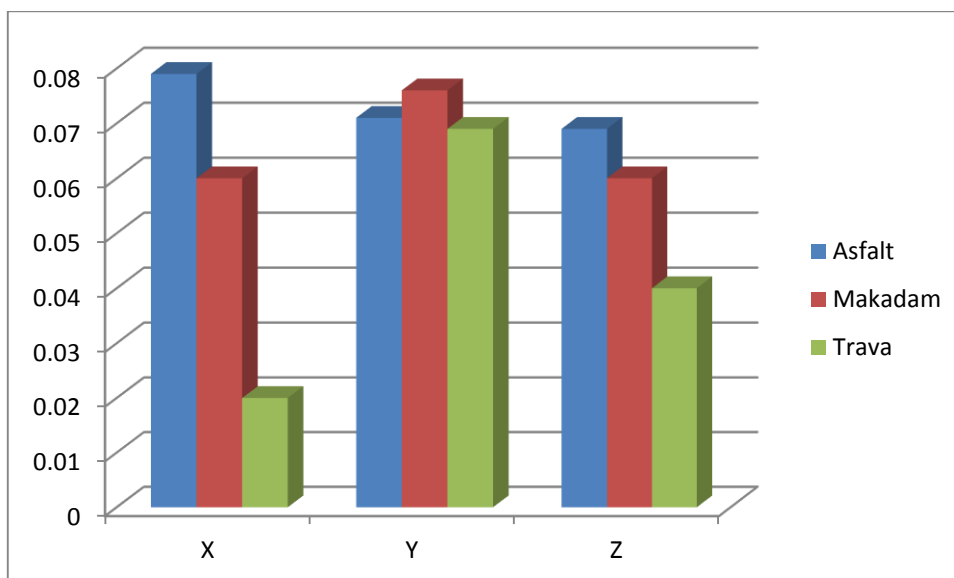
$$ZA\ z\ os - 0,042\ m/s^2$$

Srednje vrijednosti za sve osi određene su na tri decimalna mjesta. Sve vrijednosti navedene u tablici izražene su u m/s^2 .



Grafikon 1. Prikaz najviših vrijednosti za svaku ispitivanu podlogu

Grafikon 1. prikazuje najviše izmjerene rezultate sva tri mjerenja po svim osima (x, y i z) za svaku ispitivanu podlogu (asfalt, makadam i trava). Prema europskoj direktivi (2002/44/EC) određene su granične i upozoravajuće vrijednosti izloženosti vibracijama za sustav ruka - šaka. Granična vrijednost izloženosti je 5 m/s^2 , a upozoravajuća vrijednost izloženosti iznosi $2,5 \text{ m/s}^2$. Iz grafikona je vidljivo kako najviše izmjerene vibracije ne prelaze propisanu graničnu vrijednost ni na jednoj od ispitivanih podloga.



Grafikon 2. Prikaz srednjih vrijednosti za sve podloge

Grafikon 2. prikazuje srednje vrijednosti vibracija za sve podloge po sve tri osi. Najveće vrijednosti proizvedenih traktorskih vibracija koje djeluju na sustav ruka – šaka rukovatelja stroja izmjerene su na asfaltnoj podlozi. Najniže vrijednosti traktorskih vibracija koje djeluju na sustav ruka – šaka rukovatelja izmjerene su na travnatoj podlozi. Vibracije na travi su najmanje u odnosu na ostale ispitivane podloge (asfalt i makadam) u sve tri mjerne osi djelovanja (x, y i z) na sustav ruka – šaka rukovatelja stroja.

Cvetanović i sur. (2014.) mjerili su vibracije koje utječu na rukovatelja u realnim radnim uvjetima, na različitim traktorima. Utvrdili su da noviji traktori renomiranih proizvođača imaju znatno manji utjecaj vibracija na rukovatelja u odnosu na starije traktore proizvođača IMT. Utvrdili su također kako nakon osmosatnog radnog vremena postoji mogućnost da će doći do tzv. profesionalnih bolesti. Isti autori navode kako se prve posljedice konstantnog izlaganja visokoj razini vibracija primjećuju tek nakon 5 godina rada. Kao posljedica primjećuju se razni poremećaji zdravstvenog stanja. Također utvrdili su kako je štetno djelovanje vibracija na rukovatelja podcijenjeno.

Griffin i Howarth (2002.) su obavljali mjerenje razine vibracija na nekoliko tipova traktora. Izmjerena vrijednost vibracija koje proizvodi poljoprivredni traktor je između 0,6 i 0,8 m/s². Izmjerena vrijednost vibracija koje proizvodi šumski zglobni traktor iznosi između 0,4 i 0,6 m/s².

Đukić i sur. (2007.) mjerili su vibracije pri radu jarmača i tračnih pila trupčara, utvrđeno je kako izmjerena razina vibracija ne utječe na zdravlje radnika na kolicima jarmače ni nakon osmosatnog dnevnog izlaganja, ali nakon jednosatnog izlaganja smanjuje se komfor rada, što može utjecati na udobnost radnika, te na njegov radni učinak.

Rezultati mjerenja vibracija koje utječu na sustav ruka – šaka rukovatelja stroja na tri agrotehnoške podloge (asfalt, makadam i trava) mogu se usporediti sa drugim autorima. Pretpostavka je kako izmjerene razine vibracija neće štetno utjecati na rukovatelja, ali prilikom rada u osmosatnom radnom vremenu komfor rukovatelja biti će smanjen. Izmjerene vrijednosti vibracija na nekoliko tipova traktora također ne prelaze preporučene granične vrijednosti (5 m/s²) za sustav ruka – šaka rukovatelja stroja.

4. ZAKLJUČAK

Istraživanja su obavljena s ciljem određivanja traktorskih vibracija koje utječu na sustav ruka – šaka rukovatelja stroja pri različitim agrotehničkim podlogama (asfalt, makadam i trava).

Iz grafikona 1. vidljive su najviše vrijednosti za svaku vrstu agrotehničke podloge. Na osnovi grafikona 1. vidljivo je kako su najviše vrijednosti izmjerene na asfaltnoj podlozi po svim koordinatnim osima (x, y i z). Iz navedenih podataka (grafikon 1.) vidljive su i najniže izmjerene traktorske vibracije koje djeluju na sustav ruka – šaka rukovatelja stroja. Najniže vrijednosti traktorskih vibracija izmjerene su na travnatoj podlozi za sve tri osi djelovanja.

Pretpostavlja se kako traktorske vibracije neće ugroziti zdravlje rukovatelja stroja, ali ovo je istraživanje ukazalo na to kako se pri različitim agrotehničkim podlogama (asfalt, makadam i trava) javljaju vibracije različitog intenziteta koje se prenose na sustav ruka – šaka rukovatelja stroja.

Bitno je naglasiti kako niti jedna od ispitivanih podloga ne proizvodi vibracije koje prelaze preporučene granične vrijednosti (5 m/s^2) djelovanja na sustav ruka – šaka rukovatelja.

5. POPIS LITERATURE

Brkić, D., Vujčić, M., Šumanovac, L., Lukač, P., Kiš, D., Jurić, T., Knežević, D. (2005.): Eksploatacija poljoprivrednih strojeva. Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek.

Andelović, M., Jovanović, J. (2009.): Medicina rada. Medicinski fakultet i Nišu, Niš.

Goglia, V., Gospodarić, Z., Košutić, S., Filipović, D. (2003.): Hand – transmitted vibration from the steering wheel to drivers of small four-wheel drive tractor. *Applied Ergonomics*, 34 (1), 45-49.

Directive 2002/44/EC of the European parliament and of the Council of 25 June 2002 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (vibrations)

DZNM (1999.): Mehaničke vibracije i udari – procjena izloženosti ljudi vibracijama cijelog tijela – 1. dio: Opći zahtjevi, HRN ISO 2631-1, Zagreb.

HRN EN ISO 5349-1:2001(E): Mechanical vibration – Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration.

Griffin, M. J. (1982): The effects of vibrations on health. Memorandum No. 632, Institute of Sound and Vibration Research, University of Southampton.

Griffin, M. J., Howarth H.V.C. (2002.): EU vodič dobre prakse: Vibracije koje se prenose na ruke - šake.

Cardinale, M., Wakeling, J. (2005.): Whole body vibration exercise: are vibrations good for you, Aberdeen, Scotland

Cvetanović, B., Cvetković, M., Cvetković, D. (2014.): Procjena rizika po zdravlje vozača, od vibracija nastalih pri eksploataciji traktora, Univerzitet u Nišu, Fakultet zaštite na radu, Niš.

Đukić, I., Goglia, V. (2007.): Buka i vibracije pri radu jarmača i tračnih pila trupčara, Zagreb.

Poplašen, D., Kerner, I. (2013.): Vibracije koje se prenose na šake i ruke.

Stanković, D., Tričković, K. (1984.): Vibracije u Stanković D. Medicina rada. Medicinska knjiga Beograd – Zagreb; 411-19.

Šarić M., Žuškin E. (2002.): Vibracije u Bogadi-Šare A., Goglia V. Medicina rada i okoliša. Medicinska naklada, Zagreb 2002.

URL1: <http://www.hzzzs.hr/images/documents/smjernice/Vodi%C4%8Di%20dobre%20prakse%20Vibracije/Vodi%C4%8D%20dobre%20prakse%20Vibracije%20koje%20se%20prenose%20na%20%C5%A1ake%20i%20ruke.pdf> 14.09. 2016. godine

URL2: <http://web.zpr.fer.hr/ergonomija/2004/stampar/images/whitef.JPG> 14.09. 2016. godine

URL3: http://www.znrfak.ni.ac.rs/SERBIAN/013-OGLASENI-DOKUMENTI/DOKTORSKE%20DISERTACIJE/Boban%20Cvetanovic/Dis_UNI_Boban_Cvetanovic_2015.pdf 14.09. 2016. godine

URL4: <http://www.farmtrader.co.nz/spec/detail/landini-dt100-32269> 14.09. 2016. godine

URL5: <http://argotracors.cms.arscolor.com/storage/sito2/5-cpy-2.jpg> 14.09. 2016. godine

URL6: <http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=1089> 22.09. 2016. godine

6. SAŽETAK

U radu su prikazani rezultati istraživanja mjerenja razine traktorskih vibracija koje utječu na sustav ruka – šaka rukovatelja stroja pri različitim agrotehničkim podlogama (asfalt, makadam i trava) u skladu sa propisanim normama HRN ISO 2631-1 i HRN EN ISO 5349-1:2001(E). Mjerenja su obavljena na traktoru proizvođača LANDINI tipa POWERFARM 100 na proizvodnim i pristupnim cestama srednje Poljoprivredne i veterinarske škole Osijek. Sva mjerenja su izvedena uređajem za mjerenje vibracija MMF VM30 te akcelerometrom koji je pričvršćen na kolo upravljača. Iz dobivenih rezultata je vidljivo kako pri različitim agrotehničkim podlogama postoje vibracije različitog intenziteta koje utječu na sustav ruka – šaka rukovatelja. Najviše vrijednosti su izmjerene na asfaltu, a najslabije vibracije koje se prenose na sustav ruka – šaka rukovatelja izmjerene su na travnatoj podlozi.

Ključne riječi: vibracije, agrotehničke podloge, sustav ruka - šaka

7. SUMMARY

This paper presents the results of measuring produced level of tractor vibrations that affects hands of operator on various agricultural surfaces (asphalt, gravel and grass) in accordance with prescribed norms HRN ISO 2631-1 i HRN EN ISO 5349-1:2001(E). The measurements were carried out on the tractor which manufacturer is LANDINI type POWERFARM 100 in the production and access roads of Agricultural and veterinary high school in Osijek. All measurements were performed with vibration device MMF VM30 and accelerometer attached to the steering wheel. The obtained results show that in different surfaces have varying intensity that affects hands of operator. The highest values were measured on the asphalt, and the smallest vibrations transmitted to the hands of operator were measured on grass.

Key words: vibrations, agricultural surfaces, hands – fist system

8. POPIS TABLICA

Tablica 1. Pet grupa poremećaja povezanih s utjecajem vibracija koje se prenose na sustav ruka – šaka (stranica 4.)

Tablica 2. Izmjerene vrijednosti na asfaltnoj podlozi i srednja vrijednost (stranica 12.)

Tablica 3. Izmjerene vrijednosti na makadamskoj podlozi i srednja vrijednost (stranica 12.)

Tablica 4. Izmjerene vrijednosti na travnatoj podlozi i srednja vrijednost (stranica 13.)

9. POPIS SLIKA

Slika 1. Ilustracija izvođenja građevinskih radova korištenjem vibrirajućeg alata (stranica 1.)

Slika 2. Mehanički utjecaj vibracija na ljudsko tijelo (stranica 2.)

Slika 3. Rotacijske i translacijske vibracije traktora u koordinatnim osima (stranica 3.)

Slika 4. Bijeli prst ili vibracijski sindrom ruka-šaka (stranica 4.)

Slika 5. Traktor LANDINI Powerfarm 100 (stranica 6.)

Slika 6. Prikaz dimenzija traktora LANDINI Powerfarm 100 (stranica 7.)

Slika 7. Mjerenje razine vibracija na asfaltu (stranica 8.)

Slika 8. Mjerenje razine traktorskih vibracija na makadamu (stranica 8.)

Slika 9. Mjerenje razine traktorskih vibracija na travi (stranica 8.)

Slika 10. Prikaz pravaca djelovanja vibracija na određene dijelove tijela u sjedećem položaju (stranica 9.)

Slika 11. Shematski prikaz koordinatnog sustava vezanog za sustav ruke – šake (stranica 9.)

Slika 12. Položaj akcelerometra na kolu upravljača stroja (stranica 11.)

Slika 13. Uređaj za mjerenje vibracija MMF VM30 (stranica 11.)

10. POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1. Prikaz najviših vrijednosti za svaku ispitivanu podlogu (stranica 14.)

Grafikon 2. Prikaz srednjih vrijednosti za sve podloge (stranica 14.)

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Poljoprivredni fakultet u Osijeku

Završni rad

PROIZVEDENA RAZINA VIBRACIJA KOJE UTJEČU NA SUSTAV RUKA – ŠAKA PRI RAZLIČITIM AGROTEHNIČKIM PODLOGAMA

PRODUCED VIBRATION LEVEL THAT EFFECT THE HANDS – FIST DURING VARIOUS AGRICULTURAL SURFACES

Josip Laslo

Sažetak:

U radu su prikazani rezultati istraživanja mjerenja razine traktorskih vibracija koje utječu na sustav ruke – šake rukovatelja stroja pri različitim agrotehničkim podlogama (asfalt, makadam i trava) u skladu sa propisanim normama HRN ISO 2631-1 i HRN EN ISO 5349-1:2001(E). Mjerenja su izvedena na traktoru proizvođača LANDINI tipa POWERFARM 100 na proizvodnim i pristupnim cestama srednje Poljoprivredne i veterinarske škole Osijek. Sva mjerenja su izvedena uređajem za mjerenje vibracija MMF VM30 te akcelometrom koji je pričvršćen na kolo upravljača. Iz dobivenih rezultata je vidljivo da pri različitim agrotehničkim podlogama postoje vibracije različitog intenziteta koje utječu na sustav ruka – šaka rukovatelja. Najviše vrijednosti su izmjerene na asfaltu, a najslabije vibracije koje se prenose na sustav ruka – šaka rukovatelja izmjerene su na travnatoj podlozi.

Ključne riječi: vibracije, agrotehničke podloge, sustav ruka – šaka

Summary:

This paper presents the results of measuring produced level of tractor vibrations that affects hands of operator on various agricultural surfaces (asphalt, gravel and grass) in accordance with prescribed norms HRN ISO 2631-1 i HRN EN ISO 5349-1:2001(E). The measurements were carried out on the tractor which manufacturer is LANDINI type POWERFARM 100 in the production and access roads of Agricultural and veterinary high school in Osijek. All measurements were performed with vibration device MMF VM30 and accelerometer attached to the steering wheel. The obtained results show that in different surfaces have varying intensity that affects hands of operator. The highest values were measured on the asphalt, and the smallest vibrations transmitted to the hands of operator were measured on grass.

Key words: vibrations, agricultural surfaces, hands – fist system

Datum obrane: